

SCHOOL-SCOUT.DE

Unterrichtsmaterialien in digitaler und in gedruckter Form

Auszug aus:

Atomkernmodelle: Historische Entwicklung und physikalische Bedeutung

Das komplette Material finden Sie hier:

[School-Scout.de](https://www.school-scout.de)

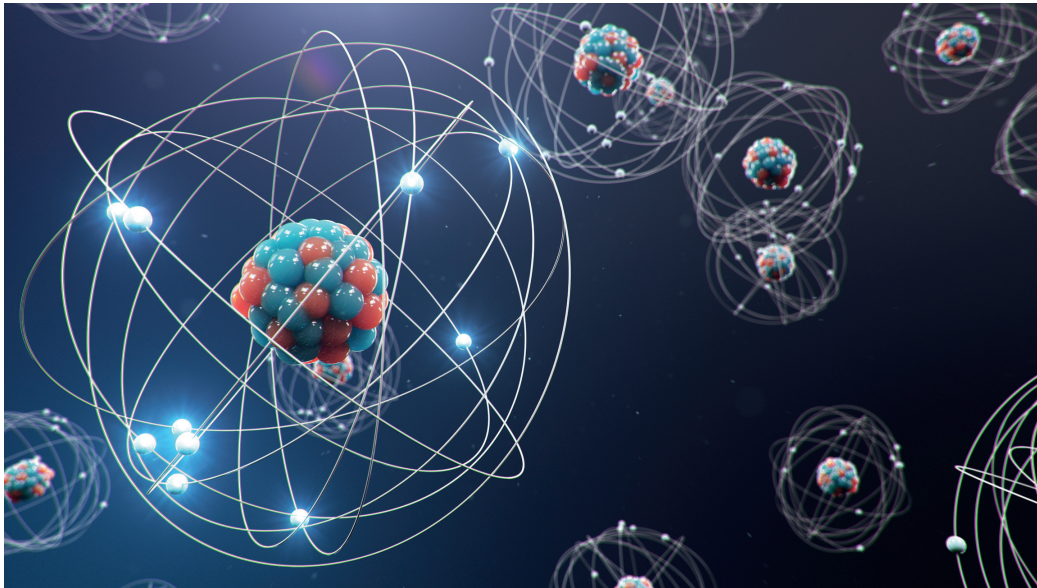


II.F.14

Atom- und Kernphysik

Atomkernmodelle – historische Entwicklung und physikalische Bedeutung

Ein Beitrag von Wolfgang Vogg, Illustrationen von Wolfgang Vogg



© RAABE 2022

© Rost-9D/Stock/Getty Images Plus

Im Vergleich zur Atomhülle sind Aufbau und Funktion von Atomkernen wesentlich komplexer. Auf die im Inneren eines Atomkernes vorhandenen Bestandteile wirken die elektrostatische Coulombkraft und die starke und schwache Wechselwirkung, natürlich auch die Gravitationskraft. Eine bestätigte Theorie zur Beschreibung aller Wechselwirkungskräfte existiert bis heute nicht – vielmehr behilft man sich mit aufwendigen Modellen, von denen jedes einzelne für sich bestimmte Eigenschaften der Atomkerne gut beschreiben kann. Kein Modell ist in der Lage, alle auftretenden Eigenschaften hinreichend genau zu beschreiben. Die gängigsten und hilfreichsten Modelle (wie etwa Tröpfchenmodell, Potentialtopfmodell und Schalenmodell) werden in diesem Beitrag hinsichtlich ihrer historischen Entwicklung und physikalischen Bedeutung vergleichend beschrieben und erläutert.

KOMPETENZPROFIL

Klassenstufe:	Sek. II
Dauer:	11 Unterrichtsstunden
Kompetenzen:	Texte erfassen, Probleme formulieren, Vermutungen äußern, Lösungen abschätzen, Ergebnisse reflektieren, physikalische Gesetzmäßigkeiten beschreiben und anwenden
Thematische Bereiche:	Atomkernmodelle in ihrer historischen Entwicklung, physikalische Hintergründe der einzelnen Modelle, vergleichende Erläuterung der Vor- und Nachteile der einzelnen Atomkernmodelle

Didaktisch-methodische Hinweise

Einführung

Analysiert man die in unserer irdischen Umwelt ablaufenden Vorgänge, so stellt man fest, dass ein Großteil aller Erscheinungen auf **Gravitation und elektromagnetische Wechselwirkungen** zurückgeführt werden kann. Die uns makroskopisch zugängliche Materie zeigt ein Verhalten, das in erster Linie durch die Elektronenhüllen der Atome verursacht wird – für uns wird dies in optischen, elektrischen und mechanischen Eigenschaften sichtbar. So beruhen alle das Leben auf der Erde bestimmenden Reaktionen auf den elektromagnetischen Wechselwirkungen zwischen den Elektronenhüllen von Atomen und Molekülen.

Erst seit Anfang des 19. Jahrhunderts konnten **Atommodelle** zeitgemäße Vorstellungen vom ungefähren Aufbau und der Form der Atome liefern. Von der Entwicklung des **Bohr'schen Atommodells** 1913 dauerte es noch bis etwa 1925, bis die Physiker mit der sich entwickelnden **Quantenphysik** zeigen konnten, dass die Atome aus kleineren Teilchen zusammengesetzt sind. Deren Erkenntnisse führten dazu, dass man Atome nicht über eine alleinige klassische und damit anschauliche Teilchenvorstellung deuten kann, sondern sich Atome und damit alle Eigenschaften der **Atomhülle** nur mit komplizierten mathematischen Modellen beschreiben und berechnen lassen.

Ein **allumfassendes Modell** für die **Kernphysik** und damit die Beschreibung der exakten Vorgänge im Atomkern fehlt bis heute. Man begann im Laufe des 20. Jahrhunderts damit, die unterschiedlichen Kerneigenschaften mit unterschiedlichen **Atomkernmodellen** zu beschreiben.

Hinweise für Ihre Unterrichtsgestaltung

In seinen berühmten Experimenten hatte Ernest Rutherford zu Beginn des 20. Jahrhunderts bereits gezeigt, wie beim Beschuss einer Metallfolie mit schnellen Alphateilchen einige wenige deutlich aus ihrer Bahn abgelenkt werden. Mit weiteren Experimenten gelang es, ein zunehmend deutlich besseres Bild vom Bau der Atomkerne herzuleiten.

Bald konnte man festlegen, dass die Atomkerne eine sehr geringe Ausdehnung besitzen, die etwa 10.000-mal kleiner als die sie umgebende Atomhülle ist. Man folgerte, dass Atomkerne aus mehreren unterschiedlichen Teilchen (Protonen und Neutronen) bestehen müssen, die sich als kompakte, dicht an dicht gepackte Kugeln zum Atomkern zusammenfügen.

Mit dem in den 30er-Jahren aufgestellten **Tröpfchenmodell** konnte erstmals die Bindungsenergie von Protonen und Neutronen im Atomkern in einer Modellform, anhand von Messungen und daraus abgeleiteten Formeln, für viele Eigenschaften der Atomkerne beschrieben werden. Weiterführende Modelle wie das **Potentialtopfmodell des Atomkerns** und das **Schalenmodell** sollten zusammen mit dem Tröpfchenmodell im Unterricht die Grundlage für das Verstehen der Vorgänge im Atomkern bilden. Zusätzliche und teilweise im Detail auch nützliche Kernmodelle können im Überblick angesprochen und kurz vorgestellt werden.

Voraussetzungen, die Schülerinnen und Schüler mitbringen müssen

Vor Beginn der 11-stündigen Unterrichtseinheit müssen die Schülerinnen und Schüler im Rahmen des Unterrichts der Sekundarstufe II bereits Kenntnisse über die physikalischen Vorgänge in der Atomhülle erworben haben. Die Beschreibung des Elektrons im **eindimensionalen Potentialtopf** mit diskreten Energiewerten, ansatzweise die **Schrödingergleichung** und das **quantenphysikalische Atommodell** des Wasserstoffatoms sollten besprochen sein.

Geplanter Unterrichtsverlauf

Die historische Entwicklung der Kernphysik und der damit verbundenen genauen Beschreibung des Aufbaus und der Abläufe im Atomkern begann mit den Streuversuchen von **Ernest Rutherford** um das Jahr 1911, mit denen er sein Atommodell mit Atomkern vorstellte, das in seinen wesentlichen Aussagen bis heute Gültigkeit hat. Der historische Weg mit den entsprechenden Versuchsbeschreibungen kann z. B. auch in Form von Kurzreferaten dargestellt werden (**M 1**).

Mit den von Rutherford geforderten positiven Kernbausteinen – den Protonen – und den 1932 von **James Chatwick** entdeckten Neutronen war die Grundlage geschaffen für die Beschreibung des Atomkerns – spätere Erkenntnisse wie die Zusammensetzung der Protonen und Neutronen aus sogenannten **Quarks** zu Anfang der 1960er-Jahre brachten weiteres Licht in das Dunkel des Atomkerns (**M 2**).

Das Wissen um die positive Ladung der Protonen führte schnell zu der Frage, was den Atomkern eigentlich zusammenhält. **Elektrische Kräfte** können es nicht sein, denn diese stoßen sich gegenseitig ab. Auch die **Gravitationskraft** kommt für den Zusammenhalt nicht infrage, da ihre Kraftwirkung extrem gering ist. Nach aufwendigen experimentellen Untersuchungen wurde klar, dass es eine anziehende Kraft geben muss, die bei den sehr kleinen Abständen, wie sie zwischen den Nukleonen im Atomkern auftreten, wirken muss. Man nannte sie die **starke Kernkraft** oder auch **starke Kern-Wechselwirkung** (**M 3**).

In der Atomhülle stehen die Elektronen unter dem Einfluss der Coulombkraft zwischen ihnen und dem Kern, den man als punktförmiges Zentrum betrachten kann. Im Atomkern selbst jedoch fehlt ein solches Zentrum. Vielmehr muss die Wechselwirkung der der vielen benachbarten Nukleonen untereinander gleichermaßen berücksichtigt werden. Deshalb entwickelten Physiker verschiedene **Kernmodelle**, von denen jedes einen gewissen Bereich der umfangreichen Erfahrungen beschreibt und zugehörige Formeln anhand von Messwerten entwickelt. Mithilfe eines an Wassertröpfchen angelehnten Vergleiches entstand das **Tröpfchenmodell** und daraus die **Bethe-Weizsäcker-Gleichung** (**M 4**).

Mit der **Betrachtung des Atomkerns als Potentialtopf** – in Anlehnung an die Beschreibung der Atomhülle – entstand das erste quantenmechanische Modell zur Beschreibung des Atomkerns, das von der Anschauung her deutlich vom klassischen Tröpfchenmodell abbrückt (**M 5**).

Ebenfalls an der Atomhülle orientiert, beschreibt das **Schalenmodell des Atomkerns** die Vorgänge in seinem Inneren quantenmechanisch. Dem Modell zufolge soll der Kern aus unterschiedlichen Energieniveaus aufgebaut sein, die jeweils eine bestimmte Anzahl von Nukleonen beinhalten (**M 6**). Im sogenannten **kollektiven Kernmodell** soll eine Art Synthese zwischen Tröpfchen- und Schalenmodell weitere Erkenntnisse bringen, während das **optische Kernmodell** ganz speziell zur Beschreibung von Kernreaktionen entwickelt wurde. Beide Modelle werden nur als Ergänzung in ihren Grundgedanken vorgestellt (**M 7**).

Mit einer Auswertung der Besonderheiten der besprochenen Kernmodelle findet die Unterrichtseinheit zu den Kernmodellen ihren Abschluss und soll Schülerinnen und Schülern einen Überblick verschaffen über den derzeitigen Stand der Wissenschaft bei der Beschreibung der Vorgänge im Atomkern (**M 8**).

Hinweis: Die Schülerinnen und Schüler sind angehalten, bei allen Fragestellungen des gesamten Beitrages in geeigneten Fachbüchern und/oder im Internet zu recherchieren.

Mediathek

Literatur

- ▶ Halliday, David u. a.: Physik. Wiley-VCH-Verlag. Weinheim 2003. S. 1257–1290.
- ▶ Demtröder, Wolfgang: Experimentalphysik 4. Springer-Verlag 2017. S. 3–32.
Nur für mathematisch fortgeschrittene Schülerinnen und Schüler geeignet.

Videos

- ▶ <https://www.youtube.com/watch?v=BqeSHBgIRWU>
Das Atom – Aufbau und Grundbegriffe erklärt von „Simple Club“ in 5 Minuten.
- ▶ <https://www.br.de/mediathek/video/alpha-centauri-astro-physik-was-ist-ein-atomkern-av:5c198d24d8d3e600189f5014>
Was ist ein Atomkern? Video aus der BR-Mediathek mit Prof. Dr. Harald Lesch.
- ▶ <https://www.youtube.com/watch?v=e3WVaTZoi1I>
Trailer zu dem FWU-Video: Kerne und Kernteilchen – Aufbau der Atomkerne.
- ▶ <https://www.youtube.com/watch?v=Xun9mdH8x-w>
Ca. 17-minütiges Video zum Potentialtopfmodell mit ausführlicher Erklärung.

Internetadressen

- ▶ <https://www.leifiphysik.de/kern-teilchenphysik/kernphysik-grundlagen/grundwissen/aufbau-von-atomkernen>
Auf dieser Seite wird der Aufbau von Atomkernen aus Protonen und Neutronen erklärt.
- ▶ <https://www.weltderphysik.de/gebiet/teilchen/hadronen-und-kernphysik/atomkerne/>
Ein „Welt der Physik“-Artikel (Projekt gefördert vom BMBF und der DPG) zu Atomkernen.
- ▶ <https://physikunterricht-online.de/jahrgang-12/struktur-der-materie/>
Wissenssammlung zur Struktur der Materie, geeignet ab Jahrgangsstufe 12.
- ▶ <https://www.grund-wissen.de/physik/atomphysik/aufbau-der-materie.html>
Aufbau der Materie, Elektronenhülle, Atomkern, Isotope jeweils kurz erklärt.

[Letzter Abruf der Internetadressen: 29.09.2022]

Auf einen Blick

Ab = Arbeitsblatt

1. Stunde

Thema: Historische Entwicklung der Kernphysik

M 1 (Ab) Die Entdeckung des Atomkerns



2.–3. Stunde

Thema: Aufbau und Zusammenhalt des Atomkerns

M 2 (Ab) Woraus besteht der Atomkern?

M 3 (Ab) Was hält den Atomkern zusammen?



4.–8. Stunde

Thema: Die wichtigsten Atomkernmodelle

M 4 (Ab) Das Tröpfchenmodell des Atomkerns

M 5 (Ab) Das Potentialtopfmodell des Atomkerns

M 6 (Ab) Das Schalenmodell der Quantenphysik



9. Stunde

Thema: Ergänzende Atomkernmodelle

M 7 (Ab) Kollektives, optisches und Fermigas-Modell

10.–11. Stunde

Thema: Atomkernmodelle im Vergleich

M 8 (Ab) Besonderheiten der wichtigsten Kernmodelle

SCHOOL-SCOUT.DE

Unterrichtsmaterialien in digitaler und in gedruckter Form

Auszug aus:

Atomkernmodelle: Historische Entwicklung und physikalische Bedeutung

Das komplette Material finden Sie hier:

[School-Scout.de](https://www.school-scout.de)

